

SAIMAAN AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikka, Lappeenranta
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Ympäristörakentamisen suuntautumisvaihtoehto

Tero Nurmi

NORDKALK OYJ ABP:N LAPPEENRANNAN KAIVOKSEN TEHOKKUUDEN TARKASTELU

Opinnäytetyö 2010

TIIVISTELMÄ

Tero Nurmi

Nordkalk Oyj Abp:n Lappeenrannan kaivoksen tehokkuuden tarkastelu, 36 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu, Lappeenranta

Tekniikka, Rakennustekniikan koulutusohjelma

Ympäristörakentamisen suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö 2010

Ohjaajat: lehtori Tuomo Tahvanainen, Saimaan ammattikorkeakoulu, kaivospäällikkö Matti Permi, Nordkalk Oyj Abp

Opinnäytetyö tehtiin Nordkalk Oyj Abp:n toimeksiannosta ja sen tarkoituksena oli selvittää Lappeenrannan Nordkalk Oyj Abp:n kaivoksen tehokkuuteen vaikuttavat asiat: Tutkittiin millä tavalla saataisiin kaivoksen tehokkuutta nostettua ja onko jollain osa-alueilla ongelmakohtia, jotka vaikuttavat kaivoksen tehokkuuteen ja voisiko niistä päästä eroon tekemällä jotain muutoksia, jotka eivät tarvitsisi kovinkaan suurta investointia. Lisäksi työssä käsitellään kaivoksen vuorojärjestelmää eri tehtävissä, toisin sanoen verrataan kolmessa vuorossa ja neljässä vuorossa tehdyt työn eroja. Työ on tehty pääsääntöisesti sen perusteella, mitä havaintoja olen itse tehnyt työskennellessäni kyseisellä kaivoksella vuorotyöjohtajana. Tulosten perusteella kaivoksessa ei ole kovinkaan paljon ongelmakohtia, joihin voitaisiin puuttua ilman suurempia investointeja. Ongelmat johtuvat suurilta osin ennalta arvaamattomista laitteiden rikkoutumisista tai kaivoksen ulkopuolelta tulevista ongelmista.

Asiasanat: kaivos

ABSTRACT

Tero Nurmi

Nordkalk Corporation – Effectiveness of the mining process, 36 pages

Saimaa University of Applied Sciences

Technology (Civil and Construction Engineering),

Infrastructure Engineering and Production

Bachelor thesis 2010

Instructors: Lecturer Tuomo Tahvanainen, Saimaa University of Applied Sciences, Mill manager Matti Permi, Nordkalk Corporation

The thesis has been made for Nordkalk Corporation. In the thesis the effectiveness of the mining process has been researched. The task was to evaluate and develop the mining process. In addition, the shift system of the mining production has been researched in order to compare working in the 3rd and 4th shifts. The data has been collected during working as foreman. Results showed that the mine had only such problem points which need big investments. The main reasons for the problems in the mine were due to the unforeseeable failures of the machines or the external problems.

Keywords: mine

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1 JOHDANTO	6
2 KAIVOKSEN YLEISESITTELY	7
2.1 Yleistä	7
2.2 Tuotanto	8
2.3 Kunnossapito	8
3 KAIVOKSEN TEHOKKUUTEEN VAIKUTTAVAT OSA-ALUEET	9
3.1 Suunnittelu	9
3.2 Louhinta	9
3.3 Kuljetus	11
3.4 Esimurskaus	11
3.5 Lajittelulaitos +51	12
3.6 Jakelu asiakkaille	14
3.6.1 Välimurskaus	14
3.6.2 Kivenjakoasema	14
3.6.3 Urakoitsijan ajamana varastokasalta tehtaal	15
3.6.4 Suoraan kaivoksesta Riihivarastolle	15
3.7 Kunnossapito	16
3.7.1 Suunnitellut remontit	16
3.7.2 Suunnittelemattomat remontit	16
4 KIVI LAADUT	17
4.1 Raaka-aine	17
4.2 Laatuvyöhykkeet	18
5 KAPASITEETTI	22
5.1 Ihmisen kapasiteetti	22
5.2 Koneiden kapasiteetti	22
6 VUOROJÄRJESTELMÄ	24
6.1 Päivävuoro	24
6.2 Poraus	24
6.3 Tuotanto	24
6.4 Välimurskaamo	27
6.5 Käyntiaste 2008	27
7 MAHDOLLISET ONGELMAT JA PARANNUKSET	28
7.1 Louhintasuunnittelu / Työjohto	28
7.2 Poraus	28
7.3 Panostus / Räjätys	29
7.4 Lastaus	29
7.5 Kuljetus	30
7.6 Karkeamurskaus	30
7.7 Lajittelu	30
7.8 Välimurskaus	31
7.9 Jakelu	31
7.10 Ihmiset	32
7.11 Kunnossapito	32
8 NYKYISILLÄ LAITTEILLA PARAS TEHO IRTI	33
8.1 Sisä-siilojen järjestyksen muuttaminen	33
8.2 Välivarasto	33

9 YHTEENVETO	34
KUVAT	35
TAULUKOT	35
LÄHTEET	36

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty Nordkalk Oyj Abp Lappeenrannan kaivokselle. Tarkoituksena on saada selville, onko kaivoksessa tuotantoon liittyviä ongelmia ja miten niistä pystytäisiin pääsemään eroon.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää Nordkalk Oyj Abp Lappeenrannan kaivoksen tehokkuuteen liittyviä asioita. Mikä vuorojärjestelmä olisi tehokkain ja miten saataisiin paras hyöty irti nykyisistä laitteista ilman suurempia investointeja?

Opinnäytetyö toteutetaan haastattelemalla Nordkalk Oyj Abp Lappeenrannan kaivoksen työntekijöitä ja perehtymällä kaivoksen aikaisempien vuosien tuotannosta tehtyihin tilastoihin ja muistiinpanoihin.

Työssä keskitytään ainoastaan kaivoksessa ilmeneviin ongelmiin ja niiden korjaamiseen. Työstä rajattiin pois kaikki kaivoksen ulkopuoliset tekijät.

2 KAIVOKSEN YLEISESITTELY

2.1 Yleistä

Nordkalkin Lappeenrannan tuotantolaitoksiin kuuluvat (kuva 1) kaivos, kalkkitehdas sekä paperipigmentin raaka-aineita ja wollastoniiattia valmistavat rikastamot. Alueella toimii myös kalsiumkarbonaattipohjaisia päällystyspigmenttejä ja täyteaineita paperi- ja kartonkiteollisuudelle valmistava tytäryhtiö Suomen Karbonaatti Oy (Nordkalk 51 %). (Nordkalk Oyj Abp 2008.)

Työntekijöitä Lappeenrannan Nordkalkilla on noin 170 josta kaivoksessa työskentelee 60. Avolouhoksen syvyys on noin 150m ja pinta-ala on noin 42 ha.



Kuva 1. Nordkalk Oyj Abp Lappeenrannan kaivos

2.2 Tuotanto

Kaivostuotanto pyörii nykyisin kolmessa vuorossa. Lisäksi on päivävuoro joissain tehtävissä ja välimurskaamo pyörii neljässä vuorossa seitsemän päivää viikossa. Kuvassa 2. on esitetty kaivoksen prosessi.

Prosessi: Suunnittelu => Poraus => Räjätys => Lastaus => Esimurskaus => Lajittelu => Murskaus => Kuljetus asiakkaille

Kuva 2. Prosessi

Kiveä louhitaan vuosittain noin 2 100 000 t/v.

2.3 Kunnossapito

Kaivoksella on oma kunnossapitoyksikkö, joka toimii päivävuorossa ja muina aikoina päivystysvalmiudessa. Kunnossapidossa on kolme työnjohtajaa ja neljä kunnossapitomiehistä. Lisäksi tarvittaessa kunnossapitomiehiä voidaan lainata tehdasalueen muista yksiköistä.

3 KAIVOKSEEN TEHOKKUUTEEN VAIKUTTAVAT OSA-ALUEET

3.1 Suunnittelu

Louhinnan suunnittelu perustuu kaivossuunnitteluohjelmistoon jonka tietokannasta löytyy kaivoksen alueelta 433 kairareikää (37630 m), 42 tutkimusojaa (2050 m), noin 9500 analysoitua näytettä, 1650 rakennegeologista näytettä ja 3D-lohkomalli, jossa on 652800 blokkia. Suunnittelussa työskentelee 4 ihmistä. (Kaivos, Nordkalk Oyj Abp 2008.)

Geologit

Kaivoksella on kaksi geologia, jotka analysoivat ja suunnittelevat louhintatyönjohtajan kanssa tulevia louhintoja. Räjäytyksen jälkeen pyritään siihen, että geologi käy katsomassa vuorotyönjohtajan kanssa, oliko räjäytyksestä tullut kivi sitä, mitä on alustavien tutkimusten perusteella oletettu kiven olevan.

Louhinnan suunnittelu

Kaivoksessa työskentelee yksi louhintatyönjohtaja, joka vastaa päivittäisestä louhinnasta ja suunnittelee geologien kanssa tulevia louhintoja.

3.2 Louhintä

Kaivoksessa suoritetaan räjäytys pääsääntöisesti joka arkipäivä klo13:30 - 13:34. Joinakin päivinä voidaan räjäyttää useampikin kenttä peräkkäin ja joinain päivinä voi myös jäädä räjäytys pois erinäköisistä syistä johtuen. Yhdestä louhittavasta kentästä saadaan noin 10 000 tonnia kiveä.

Kaivosmittaus

Kaivosmittausryhmä käy mittaamassa suunnitellen porauspaikan. Kaivoksella on oma mittamiesryhmä, jossa työskentelee yksi työnjohtaja ja kolme mittamiestä. Mittamiehet työskentelevät tiiviisti yhteistyössä myös louhintatyönjohtajan, porareiden ja panostajien kanssa. Mittausryhmän työtehtäviin kuuluu porareikien kaltevuuden mittaus, räjäytyskenttien kartoitus, porauskorkojen määrittäminen, pohjavesipinnan mittaus, maanpoiston työmaamittaus ja varastokasojen mittaus.

Poraus

Mittamiesten jälkeen paikalle tulee porauskalusto, joka alkaa poramaan louhintatyönjohtajan suunnitelman mukaista kenttää. Kaivoksessa työskentelee kaksi poraria, jotka työskentelevät kahdessa vuorossa. Porakalustona toimii Atlas Copco D7-H hydraulinen poravaunu. Porattava reikäkoko on 76 mm ja keskisyvyys noin 15 m. Räjäytettävässä kentässä on keskimäärin noin 30 reikää, reikävälin ollessa 2,5 m. Lisäksi kaivoksella on mahdollisuus vuokrata ulkopuoliselta urakoitsijalta poravaunu ja porari tarvittaessa.

Panostus

Porauksen jälkeen paikalle saapuvat panostajat, jotka panostavat kentän räjäytys valmiiksi. Kaivoksessa työskentelee kolme panostajaa, jotka ovat louhintatyönjohtajan alaisuudessa. Panostajilla on käytössä Volvon kuorma-autosta tehty panostusajoneuvo, jossa kuljetetaan räjähdysaine panostettavalle kentälle, Valmetin traktori ja räjäytys peräkärry. Poratut kentät panostetaan siten, että pohjalle asennetaan dynamiittia, joka käynnistää räjäytyksen. Varsipanoksena on 600 Anfo. Nalleina käytetään Nonel-nalleja. Keskimääräisessä räjäytyksessä käytetään räjähdysainetta noin 1200 kg

Rikotus

Räjäytyksen jälkeen paikalle vuokrataan tarvittaessa urakoitsijalta kaivinkone Caterpillar 318C, joka on varustettu Rammer E65-iskuvasaralla. Rikotusta tarvitaan välillä myös kuormauspaikalla suurten irtolohkareiden rikkomiseen ennen kuin kuormaus voidaan aloittaa.

3.3 Kuljetus

Räjäytyksen ja mahdollisen rikotuksen jälkeen paikalle otetaan kaivinkone lastaamaan kivet dumpperien kyytiin. Kaivoksella on käytössä leasingsopimuksella lastaus- ja kuljetuskalustoa. Lisäksi on urakoitsijalta vuokralla pyöräkone Caterpillar 980H, jota käytetään tarvittaessa teiden kunnossapitoon ja muihin töihin. Tarvittaessa on myös mahdollista vuokrata urakoitsijalta lisää kuormauslastaus- ja kuljetuskalustoa.

Kuormaus

Kaivoksella on käytössä kaksi kappaletta kaivinkoneita Caterpillar 385C. Molemmissa kaivinkoneissa on 5,8 m³ kauhat ja koneiden työpaino on 98 700 kg

Kuljetus

Kaivoksella on käytössä kaksi kappaletta dumppereita Komatsu HD605, joiden hyötykuorma on noin 63 000 kg lavan ollessa tilavuudeltaan 40,0 m³ ja omapaino 40 250 kg, jolloin kokonaispaino kuormapäällä on 110 250 kg.

3.4 Esimurskaus

Lastauksen jälkeen dumpperit kuljettavat kiven esimurskaukseen karkeamurskaamolle. Karkeamurskaamo murskaa kiveä noin 400 t/h.

Karkeamurskaus +76

Karkeamurskaamalla esimurskaimena toimii Blake-17-leukamurskain. Karkeamurskaamalla on ennen kiven joutumista leukamurskaimen mahdollista pienentää isoja lohkareita iskuvasaran avulla. Esimurskauksen jälkeen kivi on toisessa suunnassa mitattuna alle 300 mm paksua. Kuvassa 3. on esitetty kiviaineksen koko esimurskauksen jälkeen.

0 - 15mm	→	35 %
15 - 40mm	→	15 %
40 - 80mm	→	15 %
80 - 160mm	→	10 %
160 - 300mm	→	25 %

Kuva 3. Kiviaineksen koko esimurskauksen jälkeen

3.5 Lajittelulaitos +51

Kappalekooltaan alle 300 mm kivi lähtee karkeamurskaamolta nostohihna 2:ta pitkin lajittelulaitokselle, jossa se päätyy 1- ja 2-seulan kautta kokonsa mukaan joko kahdelle käsinpoimintalinjalle tai kolmelle optiselle lajittelijalle (sorter). Nostohihna 2:n nostamasta kivistä on noin 30 % (n.120 t) soijaa, eli kiven koko on >15 mm. Käsinlajittelulla ja optisella lajittelulla on kummallakin tarkoitus seuloa esimurskatusta kivistä pois niin sanottu haittakivi, joka riippuu kaivoksesta ajetusta kivilaadusta. Musta kivi on aina haittakiveä. Lajittelun jälkeen kivi menee silloihin laadun mukaan jaoteltuna.

Käsinlajittelu

Käsinpoiminnassa lajitellaan yli 160 mm paksut kivet kahdella erillisellä linjalla jossa työskentelee kaksi ihmistä kummallakin hihnalla. Kiveä menee yhdellä hihnalla noin 200 t/h. Käsinlajittelun kautta menee noin 40 % (n.160 t/h) nostohihna 2:n nostamasta kivistä tunnissa. (Luukkonen 2008).

Optinen lajittelu

Lajittelulaitoksella sijaitsee kolme sorteria, jotka on jaettu eri fraktioihin. Alle 15 mm (soija) fraktio menee suoraan siiloon. Optisen lajittelun lautta menee noin 30 % (n.120 t) nostohihna 2:n nostamasta kivistä tunnissa. Taulukossa 1. on esitetty optisen lajittelun menevän kiviaineksen jakauma. (Luukkonen 2008)

Optinen lajittelija:	Kiven koko:	Kiven jakautuminen:
sorter 3	15 – 40mm	n.20 %
sorter 4	40 – 80mm	n.30 %
sorter 5	80 – 160mm	n.50 %

Taulukko 1. Optisen lajittelun jakauma

Siilot

Lajittelulaitoksella sijaitsee yhteensä 12 siiloa. Jokaisella kivilaadulla on omat siilot, joita pyritään käyttämään, mutta tarvittaessa kiviä voidaan ajaa mihin siiloon vain. Siilojen koot vaihtelevat. Taulukossa 2. on esitetty siilojen koot.

Siilo:	Laatu:	Syvyys [m]:	Tilavuus [tonni]
1 – siilo	soija 2+	21	2280
2 – siilo	soija 1+	21	2280
3 & 4 – siilot	soija / (Se-kivi)	21	2240
5 – siilo	musta ja haittakivi	25	1250
6 – siilo	musta ja haittakivi	16	840
7 – siilo	Se-kivi / Wo-kivi	25	1250
8 – siilo	Se-kivi / Wo-kivi	16	840
9 – siilo	Kr-kivi	25	2530
10 – siilo	Kr-kivi	16	1650
11 – siilo	Ka-kivi	25	1980
12 – siilo	Ka-kivi	16	1300

Taulukko 2. Siilojen koot

3- ja 4-siilot on yhdistetty yhdeksi siiloksi, jota kutsutaan Ohiajosiiloksi. Lisäksi soijaa on mahdollista ajaa suoraan ulos. Sieltä urakoitsija ajaa sen pois kuorma-autoilla joko tehtaille suoraan tai varastoalueelle varastokasaan.

3.6 Jakelu asiakkaille

Tässä vaiheessa kivet on lajiteltu omiin siloihinsa kivilaadun mukaan. Kiviä voidaan varastoida siloissa sen mukaan, miten tilat ja seuraavat ajot antavat mahdollisuutta. Yleensä kivi ei ehdi seisomaan silossa 24 h pitempään.

3.6.1 Välimurskaus

Siloissa oleva kivi ajetaan ennen tehtaille menoa vielä kahden murskaimen läpi. Ensimmäiseksi kivi päästetään syöttäjän kautta syöttöhihna 1:lle joka vie kiven AC 16 – 50-murskaimeen ja sen jälkeen kivi kulkee hihnaa pitkin BMK-7-murskaimelle. Tämän jälkeen kivet ovat alle 30 mm läpimitaltaan. Välimurskaamalla murskan hoitaja ottaa kivistä laboratoriota varten käsinäytteen, jota verrataan konenäytteeseen.

3.6.2 Kivenjakoasema

Välimurskaamolta saapuva kivi ajetaan nostohihna 3:a ja nostohihna 1:stä (LORO) pitkin kivenjakoasemalle, jossa se ohjataan haluttuun kohteeseen välimurskaamon hoitajan toimesta. Hihnakapasiteetti on maksimissaan välimurskalta nostettaessa 400 t/h. Kivenjako asemalla tapahtuu myös koneellinen näytteenotto nostettavasta kivistä. Näyte toimitetaan myöhemmin laboratorioon myöhempiä analyysjä varten.

Hihnaa pitkin tehtaalle

Nostettaessa kiveä välimurskaamolta kivenjakoaseman kautta on mahdollista, että kivi ajetaan suoraan asiakastehtaalle tuotantoon. Kyseisiä tehtaita ovat Nordkalk Oyj Abp kalsiittirikastamo, jossa on kaksi rikastuslinjaa Kr-90 ja Kr-97 ja lisäksi kiveä voidaan ajaa suoraan Finnsementin sementtitehtaalle.

Hihnaa pitkin siiloon ja urakoitsijan toimesta eteenpäin

Yhtenä vaihtoehtona on nostaa kivi välimurskaamolta kivenjakoaseman kautta maanpinnalla sijaitseviin kolmeen siiloon, joista käytetään nimiä Siro1, Siro2 ja Peltisiilo. Siro1 on varattu ainoastaan Kalkkitehtaan tarvitsemalle kalkkikivelle. Siro2 ja peltisiilo ovat pääsääntöisesti käytössä mille kivilaadulle hyvänsä, joita-kin poikkeuksia lukuun ottamatta.

Urakoitsija ajaa varastokasalle

Maanpinnalla sijaitsevista siiloista kivi toimitetaan urakoitsijan kuorma-autoilla varastokasa-alueelle, jossa on varattu jokaiselle kivilaadulle oma varastokasa-alue omalla merkintä koodilla, esimerkiksi A, D1, D2, D5 itä, F1

Urakoitsija ajaa tehtaalle

Lisäksi on mahdollista, että kivi ajetaan maanpäällisistä siiloista suoraan asiakastehtaille. Esimerkiksi kalkkitehtaalle toimitettava kivi menee ainoastaan Siro1:stä urakoitsijan ajamana kalkkitehtaalle, koska kaivoksesta ei ole hihnayhteyttä kyseiseen tehtaaseen.

3.6.3 Urakoitsijan ajamana varastokasalta tehtaalle

Varastokasoille ajettua kiveä voidaan toimittaa tehtaille kaivoksessa tapahtuvien odottamattomien ongelmien aikana tai suunniteltujen seisokkien aikana. Tällöin urakoitsija ajaa kiven varastokasoilta suoraan tehtaille.

3.6.4 Suoraan kaivoksesta Riihivarastolle

Tarvittaessa voidaan ajaa Riihivaraston alueelle sementin kiveä 1+ suoraan kaivoksesta ilman erillistä murskaustoimenpidettä. Tälläisiä tilanteita on yleensä silloin, kun joudutaan tekemään jotain remonttia lajittelulaitoksella tai karkeamurskaamalla. Riihivaraston alueella olevan kiven sementtitehdas murskaa sitten itse mobilemurskaimella haluamaansa kokoon.

3.7 Kunnossapito

Kaivoksella on oma kunnossapitoyksikkö, johon kuuluu yksi työnjohtajaa, yksi kunnossapitoinsinööri ja viisi kunnossapitomiestä. Tarvittaessa on mahdollista saada lisää remonttimiehiä muilta yksiköltä ja ulkopuolisilta urakoitsijoilta.

3.7.1 Suunnitellut remontit

Kaivoksessa on joka viikko joko maanantai tai perjantai aamuvuoron aikana tasausvapaa, riippuen käytössä olevasta vuorojärjestelmästä. Tasausvapaan aikana on tarkoitus suorittaa koneiden ja muiden laitteiden huollot ja ennakkoon suunnitellut remontit ja muut muutostyöt. Lisäksi talvella on yhden viikon mittainen talviseisokki ja kesällä kolmesta viiteen viikkoa pituinen kesäseisokki. Näiden pitempien seisokkien aikana on tarkoitus korjata ja uusia isompia asioita, joita ei ole mahdollista tai tarvetta tehdä tasausvapaiden aikana.

3.7.2 Suunnittelemattomat remontit

Aina silloin tällöin on mahdollista että joku laite hajoaa yhtäkkiä ja se joudutaan korjaamaan välittömästi. Tarkoituksena on saada tuotanto mahdollisimman nopeasti käyntiin. Tällaisia tilanteita varten remonttimiehet ovat vuorotellen päivystysvuorossa, jolloin vuorotyönjohtaja saa hälytettyä remonttimiehen paikalle mihin kellon aikaan vaan. Tällaisten tilanteiden tullessa eteen tuotantoa pyritään mahdollisuuksien mukaan jatkamaan esimerkiksi ajamalla kiveä suoraan riihivastolle. Lajittelulaitoksella työskentelevät miehet auttavat remonteissa tai siivoajat paikkoja.

4 KIVILAADUT

Kalkkikivimuodostuma koostuu pääosin kalkkikivistä ja epäpuhtaista kalkkikivistä, joita hyödynnetään kalkinpoltossa sekä paperipigmenttien ja sementin valmistuksessa. Kalkkikivessä esiintyy raitoina kvartsi- ja diopsidipitoisia, wollastoniittivaltaisia karsia, jotka muodostavat Euroopan ainoan teollisessa mittakavassa hyödynnettävän wollastoniittimalmin. (Salmela 2008)

Hyödynnettävät mineraalit:

- kalsiitti CaCO_3
- wollastoniitti CaSiO_3

(Salmela 2008.)

Malmivarat:

Esiintymän lopullinen syvyys tuntematon, mutta sen jatkuminen hyvälaatuisena kalkkikivenä aina 350 m syvyyteen on todennettu kairauksin. (Salmela 2008.)

Tällä hetkellä tunnetut kalkkikivireservit kaivospiirin alueella:

- Avolouhosreservit (→ 210m) 35 – 52 Milj. t
- Tunnetut reservit (→ 350m) 350 Milj. t

(Salmela 2008.)

4.1 Raaka-aine

Kalsiitti CaCO_3 Mineraalin ominaisuuksia:

Väri: valkoinen, sininen, punainen, harmaa, kellertävä, vihertävä

Kovuus: 3

Om. paino: 2,6 – 2,8

Kidejärjestelmä: Trigoninen, hieno-, keski- tai karkearakeinen läpinäkyvä tai läpikuultava, kiilto lasinen tai helmiäismäinen, myös himmeä liukenee laimeaan suolahappoon. (Salmela 2008.)

Wollastoniitti CaSiO_3 Mineraalin ominaisuuksia:

Väri: valkoinen, kellertävänvalkea, harmahtava.

Kovuus: 4,5 – 5 hauras

Om. paino: 2,8 – 3,1

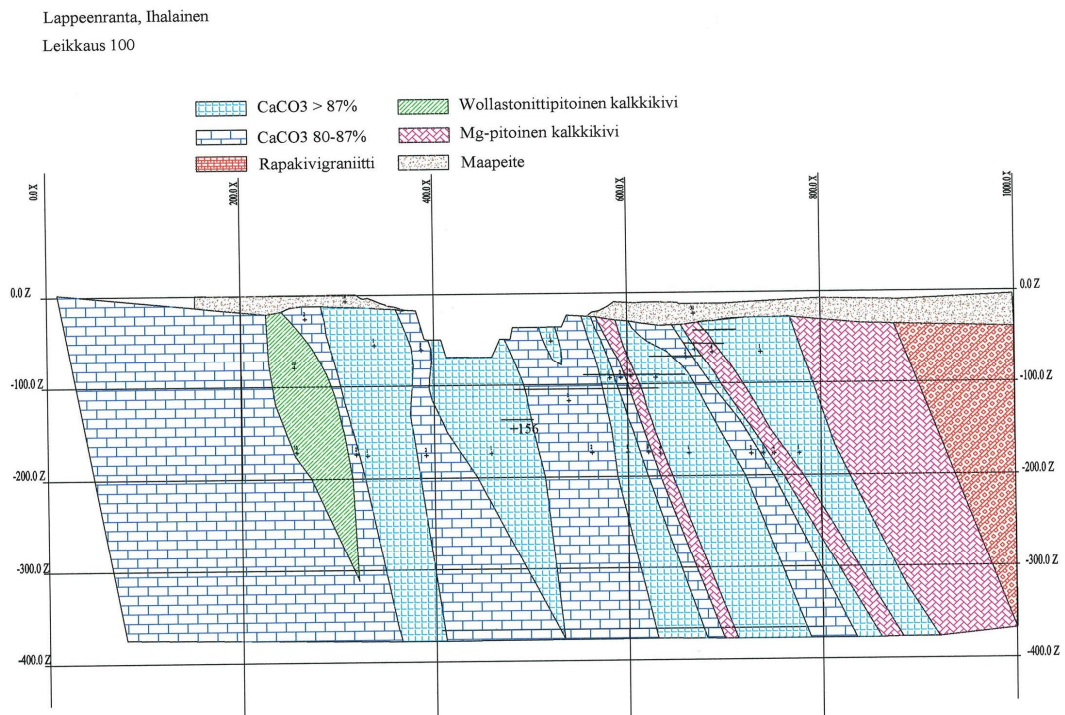
Kidejärjestelmä: Trikliininen. Kiteet sälöisiä tai kuituisia, myös massamainen, rakeinen tai tiivisläpinäkyvä tai läpikuultava, kiilto vaihtelee lasisesta helmiäiseen; kuituisena silkkimäinen. (Salmela 2008.)

4.2 Laatuvyöhykkeet

Kalkkikivi on jaettu avolouhoksessa kalsiittipitoisuuden mukaan eri laatuvyöhykkeisiin (kuva 4 ja 5):

Peruslaatu	kalsiitti- %	MgO- %	woll- %
kalkkitehtaan	> 87 %	< 1,0 %	-
kalsiittirikastamon	80 – 87 %	< 1,1 %	-
sementtitehtaan	65 – 80 %	< 2,4 %	-
wollastoniitti	70 %	< 1,1 %	> 17 %






(Salmela 2008.)

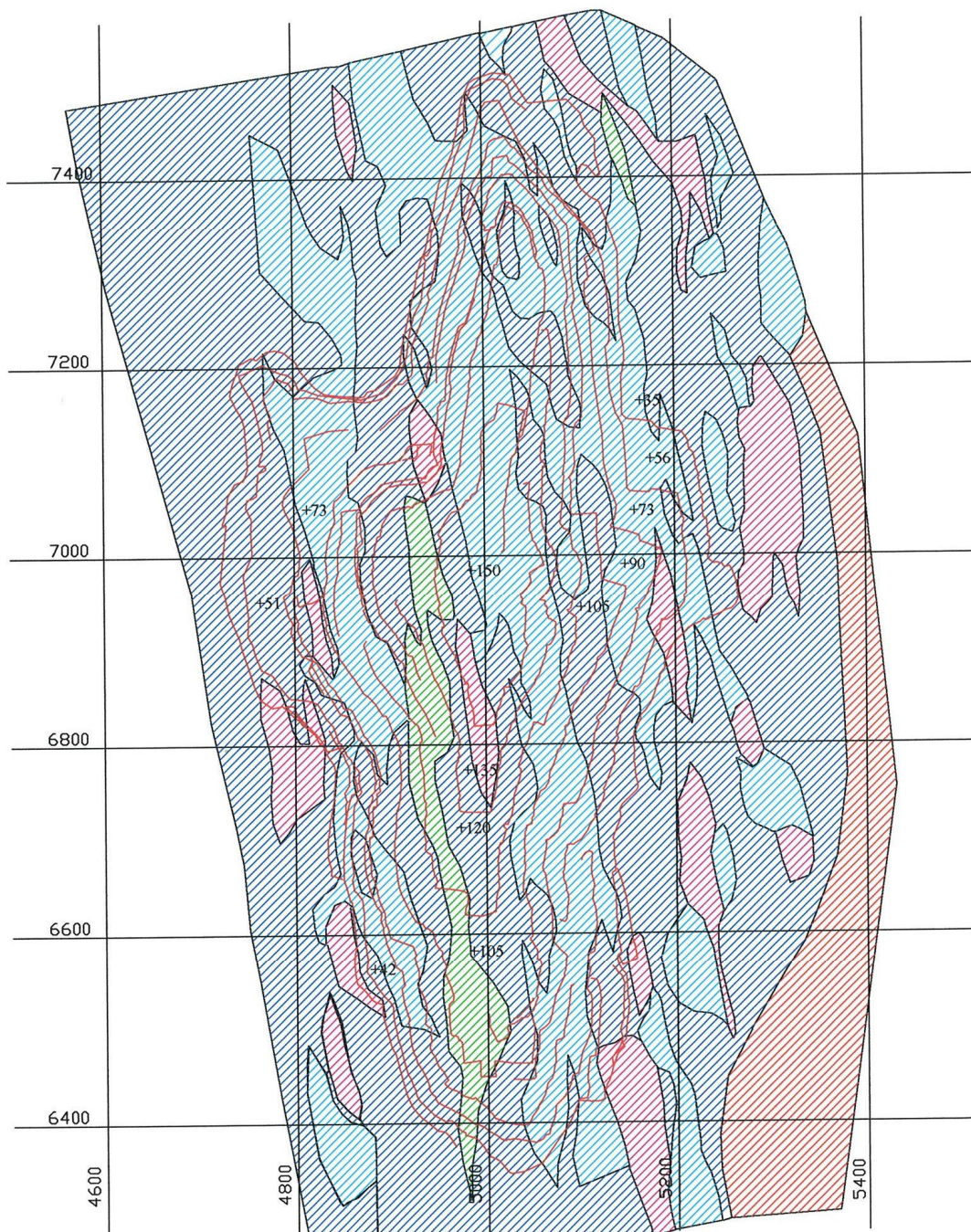


Kuva 4. Laatuvyöhykeleikkaus 100 (Salmela 2008.)

IHALAINEN, LAPPEENRANTA
 PELKISTETYT PERUSLAATUVYÖHYKKEET TASOLA +120

Tilanne 1.3.2006

	HYVÄ PERUSLAATU		MG-KLKK
	KR-SE PERUSLAATU		RAPAKIVI
	WR PERUSLAATU		



Kuva 5. Laatuviyöhykekartta taso +120 (Salmela 2008.)

Se-kivi

Se-kivi on sementtitehtaalle toimitettavaa kiveä, pitoisuudesta riippuen kiveä 1+ tai 2+.

- Kalsimetri %	70 – 100
- MgO %	0,00 – 2,41
- Woll %	ei raja-arvoa
- Fe ² O ³ %	ei raja-arvoa
- Silikaatti %	ei raja-arvoa

(Salmela 2008.)

Kr-kivi

Kr-kivi on kalsiittirikastamolle rikastukseen kaivoksesta toimitettava kivi.

- Kalsimetri %	80 – 100
- MgO %	0,00 – 1,10
- Woll %	ei raja-arvoa
- Fe ² O ³ %	ei raja-arvoa
- Silikaatti %	ei raja-arvoa

(Salmela 2008.)

Ka-kivi

Ka-kivi on kaivoksesta kalkkitehtaalle toimitettavaa kiveä.

- Kalsimetri %	87 – 100
- MgO %	0,00 – 1,00
- Woll %	ei raja-arvoa
- Fe ² O ³ %	0,00 – 0,35
- Silikaatti %	ei raja-arvo

(Salmela 2008.)

Wo-kivi

Wo-kivi on wollastoniitti rikastamolle kaivoksesta toimitettava kivi.

- Kalsimetri %	ei raja-arvoa
- MgO %	0,00 – 1,10
- Woll %	15,0 – 100
- Fe ² O ³ %	ei raja-arvoa
- Silikaatti %	0,00 – 0,04

(Salmela 2008.)

Louhe

Louhe on kaivoksesta tulevaa louhetta.

- Kalsimetri %	0 – 100
- MgO %	0 – 100
- Woll %	0 – 100
- Fe ² O ³ %	0 – 100
- Silikaatit	0 – 100

(Salmela 2008.)

5 KAPASITEETTI

Jokaisella koneella, laiteella ja ihmisellä on oma kapasiteetti, joka määrää työskentelylle raja-arvoja. Ihmisten työaikaa säännöstellään lailla ja työehtosopimuksilla.

5.1 Ihmisen kapasiteetti

Ihmisellä on rajallinen kapasiteetti. Työntekijä jaksaa hyvin 8 – 10 h yhtäjaksoisen työrupeaman. Eri tutkimusten mukaan ihmisten työteho alkaa laskea yli 12 h yhtäjaksoisen työskentelyn jälkeen ja onnettomuusriski nousee 50 % (Permi 1998, 26). Kaivoksessa työskennellään pääsääntöisesti 40h / viikko

5.2 Koneiden kapasiteetti

Jokaisella laitteella on oma maksimikapasiteetti, jolla kone toimii parhaiten ja tuottavimmin. Kapasiteetin ylittyessä tulee yleensä vastaa jonkun paikan rikkoutuminen ja sen korjaukseen menevä aika tiputtaa taas tehokkaiden työtuntien määrää.

Kaivukone

Kaivoksessa käytössä olevat kaivukoneet ovat merkiltään Caterpillar 385C, joiden lastaus kapasiteetti on noin 5,5 m³/kauha

Dumpperi

Kaivoksessa käytöksessä olevat dumpperit ovat merkiltään Komatsu HD605, joiden kuljetus kapasiteetti on 63 000 t/kuorma.

Hihnakuuljettimet

Hihnakuuljettimilla on vetoasemasta riippuva maksimikuorma, jonka ne jaksavat nostaa tunnissa ilmaan että pitäisi tulla mitään suurempia ongelmia hihnan ja vetoaseman kestävyiden kannalta.

6 VUOROJÄRJESTELMÄ

Lappeenrannan Nordkalkin kaivoksessa työskennellään pääsääntöisesti kolmessa vuorossa, on myös kokeiltu tuotannollisten syiden takia neljättä vuoroa.

6.1 Päivävuoro

Kaivoksessa työskentelevät päivävuorossa panostajat ja kunnossapitomiehet. Päivävuorolaiset työskentelevät viitenä päivänä viikossa ja heidän päivittäinen työaikansa on 8 tuntia. Työtehtävästä riippuen työ alkaa aamu kuuden ja kahdeksan välillä ja päättyy päivällä kahden ja neljän välillä.

Panostus

Panostajat työskentelevät maanantaista perjantaihin 6:00 – 14:00, räjäytys tapahtuu 13:34.

Kunnossapito

Kunnossapitomiehet Työskentelevät maanantaina ja perjantaina 6:00 – 14:00 ja tiistai – torstai 7:00 – 15:30. Lisäksi Viikonloppuisin joku remontti miehistä on päivystysvuorossa hätätilanteiden varalta.

6.2 Poraus

Porarit työskentelevät kahdessa vuorossa, aamuvuoro 6:00 - 14:00 ja iltavuoro 14:00 - 22:00.

6.3 Tuotanto

Tuotantoon kuuluu lastaus, kuljetus, karkeamurskaus ja lajittelu, jotka toimivat pääosin kolmessa vuorossa 5 päivänä viikossa (maanantai – perjantai).

3-vuoro

Vuoroja on aamuvuoro 6:00 – 14, iltavuoro 14:00 - 22:00 ja yövuoro 22:00 – 6:00. Aamuvuorossa olevalla porukalla on maanantaina tasausvapaa. Yövuoroviikko alkaa sunnuntai-iltana 22:00 ja loppuu perjantai-aamuna 6:00. Taulukossa 3. on esitetty 3-vuoron kierto.

av = aamuvuoro

iv = iltavuoro

yv = yövuoro

tv = tasausvapaa

	Ma	Ti	Ke	To	Pe	La	Su	Ma	Ti	Ke	To	Pe	La	Su	Ma	Ti	Ke	To	Pe	La	Su
Vuoro 1.	yv	yv	yv	yv	yv			iv	iv	iv	iv	iv			tv	av	av	av	av		
Vuoro 2.	tv	av	av	av	av			yv	yv	yv	yv	yv			iv	iv	iv	iv	iv		
Vuoro 3.	iv	iv	iv	iv	iv			tv	av	av	av	av			yv	yv	yv	yv	yv		

Taulukko 3. 3-vuorokiero

Taulukossa 4. on esitetty lastaustilasto 5-8 / 2007 3.vuoroa (sis. viikonloppu yli-työt)

toukokuu 2007	149121 tonnia
kesäkuu 2007	163674 tonnia
heinäkuu 2007	58401 tonnia
elokuu 2007	104202 tonnia

Taulukko 4. Lastaustilasto 5 – 8 / 2007

Taulukosta 4. saadaan laskettua lastatun kiven määräksi keskimäärin 2504,34 tonnia/ vuoro, käyntiasteen ollessa 80 %.

4-vuoro

Vuoroja on aamuvuoro 6:00 – 14:00, iltavuoro 14:00 - 22:00, yövuoro 22:00 – 6:00 ja lisäksi yksi vuoro on vapaaviikolla. Lauantaina ja sunnuntaina tehdyt päivät ovat 12 tuntia pitkiä 10:00 – 22:00, aamuvuoro tekee Sunnuntai-iltana lentä-

vän vaihdon yövuoron kanssa. Aamuvuorossa olevalla porukalla on perjantaina tasausvapaa. Taulukossa 5. on esitetty 4-vuoron kierto.

av = aamuvuoro

iv = iltavuoro

yv = yövuoro

tv = tasausvapaa

vp = vapaapäivä

	Ma	Ti	Ke	To	Pe	La	Su	Ma	Ti	Ke	To	Pe	La	Su
Vuoro 1.	yv	yv	yv	yv	yv			iv	iv	iv	iv	iv		
Vuoro 2	av	av	av	av	tv	av	av	vp	vp	vp	vp	vp		
Vuoro 3.	iv	iv	iv	iv	iv			av	av	av	av	tv	av	av
Vuoro 4.	vp	vp	vp	vp	vp			yv	yv	yv	yv	yv		

	Ma	Ti	Ke	To	Pe	La	Su	Ma	Ti	Ke	To	Pe	La	Su
Vuoro 1.	av	av	av	av	tv	av	av	vp	vp	vp	vp	vp		
Vuoro 2	yv	yv	yv	yv	yv			iv	iv	iv	iv	iv		
Vuoro 3.	vp	vp	vp	vp	vp			yv	yv	yv	yv	yv		
Vuoro 4.	iv	iv	iv	iv	iv			av	av	av	av	tv	av	av

Taulukko 5. 4-vuorokierto

Taulukossa 6. on esitetty lastaus tilasto 5-8 / 2008 4.vuoroa (ei ylitöitä)

toukokuu 2008	198072 tonnia
kesäkuu 2008	174510 tonnia
heinäkuu 2008	75978 tonnia
elokuu 2008	140742 tonnia

Taulukko 6. lastaustilasto 5 – 8 / 2008 (Nurmi 2010.)

Taulukosta 6. saadaan laskettua lastatun kiven määräksi keskimäärin 2753,39 tonnia / vuoro, käyntiasteen ollessa 80 %.

6.4 Välimurskaamo

Välimurskaamo toimii myös viikonloppuisin, johtuen siitä, että kiveä pitää toimittaa asiakkaille myös viikonloppuisin kaivoksen silloista. Välimurskaamalla työkennellään tuotannosta riippuen joko neljässä vuorossa tai viidessä vuorossa.

6.5 Käyntiaste 2008

Käyntiasteessa huomaa pienen nousun huhtikuusta alkaen johtuen siitä, että kaivos siirtyi kolmesta vuorosta neljään vuoroon. Heinä- ja elokuun brutto tunneissa on notkahdus, joko johtuu kesäseisokista. Käyntiasteen prosentuaalinen keskiarvo vuonna 2008 oli 77,52 %. Taulukosta 7. selviää vuoden 2008 käyntiaste.

	Netto tunnit	Bruttotunnit	Käyntiaste %
Tammikuu	375,25	499,5	75,13
Helmikuu	282	386,75	72,92
Maaliskuu	379,25	497,75	76,19
Huhtikuu	474	590,75	80,24
Toukokuu	461,75	575,5	80,23
Kesäkuu	437,75	554,5	78,94
Heinäkuu	133,75	183,75	72,79
Elokuu	303	406,75	74,49
Syyskuu	448	591	75,8
Lokakuu	475,75	599,75	79,32
Marraskuu	431,5	535	80,65
Joulukuu	306,25	366,5	83,56
Yht.	4508,25	5787,5	

Taulukko 7. Käyntiaste 2008

7 MAHDOLLISET ONGELMAT JA PARANNUKSET

Suurimmat ongelmia tuovat asiat kaivoksessa ovat ennalta arvaamattomat koneauriot, jotka aiheuttavat ongelmia kiven kulkuprosessiin.

7.1 Louhintasuunnittelu / Työnjohto

Suunnittelussa suurena ongelmana on se, että ei tiedetä varmasti, mitä kivilaatua räjäytyksestä tulee. Laatukartat ovat vain suuntaa-antavia.

Myös louhintasuunnittelun ja työnjohdon välisessä kommunikoinnissa olisi parannettavaa kiven laatuun liittyvissä asioissa. Myös työnjohtajien pitäisi olla riittävästi tietoa siitä, mitä kaivoksessa tapahtuu. Lastarin pitäisi ilmoittaa tarvittaessa, tapahtuuko lastauspaikalla laadun heikentymistä. Jos kiven laadussa tapahtuu muutosta, niin silloin työnjohtajan pitäisi siirtää lastaus toiseen paikkaan tai vaihtaa ajettavaa kivilaatua riittävän aikaisin estääkseen noston laadun heikentymisen raja-arvojen alapuolelle.

Riittävällä laadun tarkkailulla päästäisiin eroon turhista nostoista, jotka eivät täytä vaadittuja kriteerejä ja päätyvät eri paikkaan, mihin oli alun perin tarkoitettu.

7.2 Poraus

Suurin ongelma porauksessa on se, että ei välttämättä päästä poraamaan ennalta suunniteltua kenttää. Syynä yleensä on se, että edellisen ammutun kentän kivet ovat tiellä. Ongelmasta päästäisiin eroon sillä, että vuorot lastaisivat ammutut kentät tyhjiksi joko siiloihin tai erikseen niille varatulle välivarastoalueelle, josta kivet voitaisiin ajaa myöhemmin siiloihin. Tällainen välivarasto alue voisi olla esimerkiksi kaivoksen pohjalla tasolla +150.

7.3 Panostus / Räjäytys

Panostuksessa ongelmat ovat pääsääntöisesti vesireiät, jotka joudutaan putkitamaan ja talvella porareikien jäätyminen.

Myös räjähtämättä jäävät reiät tuovat sen ongelman, että räjäytettävä kenttä jää liian suureksi lohkareiksi räjähdysen jälkeen ja sinne pitää ottaa rikotuskone ennen kuin päästään lastaamaan. Suurista lohkareista päästäisiin eroon sillä, että louhittavat kentät suunniteltaisiin tarkemmin ja porattaisiin tiheämpään ruutuun.

Räjäytyksen suurin ongelma syntyy siitä, että juuri ennen räjäytystä, jo räjäytyksestä ilmoittavien pillien soidessa, havaitaan liikettä kaivoksen alueella ja räjäytys joudutaan keskeyttämään turvallisuussyistä, eikä kenttää voida räjäyttää vasta kuin seuraavana päivänä. Tästä ongelmasta päästäisiin eroon mahdollisimman helposti sillä, että räjäytyksellä olisi vara-aika esimerkiksi klo 16:00, jolloin aikaisemmin keskeytetty räjäytys voitaisiin uusia. Esteeksi tulee kuitenkin VR:n asettama rajoite, joka johtuu tehdasalueen vieressä kulkevasta rautatiestä, miltä joudutaan katkaisemaan liikenne räjäytyksen ajaksi. Näin ollen käytännössä ainut mahdollinen räjäytys aika on 13:34.

7.4 Lastaus

Lastauksessa ilmenevät ongelmat liittyvät yleensä kaivukoneen teknisiin ongelmiin jonkun paikan rikkoutuessa.

Myös ongelmana voi olla se, että ei ole kuin yksi lastauspaikka eikä toinen kone pääse lastaamaan. Ongelmaan saataisiin helpotusta, jos louhinnansuunnittelussa otettaisiin huomioon, että olisi samasta kivilaadusta kaksi lastauspaikkaa eri puolilla kaivosta.

7.5 Kuljetus

Kuljetuksessa ilmenevät ongelmat yleensä liittyvät kuljetuskaluston teknisiin ongelmiin, jonkun paikan hajotessa.

Ongelmia tulee myös silloin kun ei ole käytössä kuin yksi lastauspaikka. Silloin toinen auto joutuu odottelemaan pääsyä lastaukseen. Ongelmasta päästäisiin eroon sillä, että olisi aina kaksi lastauspaikkaa.

Kaivoksen suurentuessa ja ajomatkoja pidentyessä lastauspaikalta karkeamurskalle olisi myös yhtenä vaihtoehtona ottaa ajoon kolmas dumpperi. Silloin pystyttäisiin välttämään kivipulat ja saataisiin vuorokohtaista tuotantotehokkuutta nostettua.

7.6 Karkeamurskaus

Suurin tuotantotehokkuuteen vaikuttava ongelma karkeamurskaamolla on puute murskattavasta kivistä. Tämä johtuu lastauksen tai kuljetuksen ongelmista. Lisäksi liian suuret lohkarit ja liian paljon kiveä ylävaunuun voivat aiheuttaa tukoksia murskaimessa. Suurista lohkarista päästäisiin eroon käyttämällä tarvittaessa rikotuskonetta ja painottamalla lastaajille, että eivät lastaa liian isoja lohkariteja dumpperien kyytiin.

7.7 Lajittelu

Suurimpana ongelmana lajittelussa on laitteiden tekninen kestävyys. Tätä pystyttäisiin parantamaan laitteiden kunnollisella ennakkokunnossapidolla ja riittävällä seurannalla. Laite pysäytetään heti, kun vika huomataan ja korjataan saman tien. Asiaa ei jätetä seuraavan vuoron ongelmaksi, jolloin vian korjaaminen voi yleensä vaatia paljon suurempaa remonttia verrattuna siihen, että vika olisi korjattu heti sen ilmestyessä.

Lajittelussa ongelmaksi voi tulla se, että siilot täyttyvät eikä kiveä voida ottaa lisää. Tämä johtuu yleensä välimurskaimella tapahtuvien ongelmien johdosta.

Lajittelijoiden riittävällä kivistä koulutuksella saataisiin lisättyä kivenlaaduntarkkailua, jolla voitaisiin vähentää hylkyyn menevien nostojen määrää.

7.8 Välimurskaus

Välimurskalla voi tulla ongelmaksi se, että ulkosiiloissa ei ole tilaa, mihin nostaa kiviä johtuen siitä, että niissä on vielä edellisistä nostoista kiviä jäljellä. Tilanteen estämiseksi välimurskanhoitajan pitäisi olla yhteydessä riittävän aikaisin urakoitsijaan, joka mahdollistaisi urakoitsijan varaamaan riittävästi autoja siilojen tyhjentämistä varten.

Suurin tuotantoon vaikuttava tekijä välimurskaamolla on ajojen huono suunnittelu. Tämä asia olisi helppo korjata sillä, että välimurskanhoitaja olisi riittävästi yhteydessä muihin tuotannon vaiheisiin ja asiakkaisiin. Myös välimurskanhoitajien keskinäisessä kommunikaatiossa olisi parannettavaa, eli edellinen ei poistu työpaikalta ennen kuin seuraava on tullut paikalle ja selvittänyt edelliset nostot.

7.9 Jakelu

Suurimpana ongelmana jakelussa on nostojen huono ennakkosuunnittelu, josta johtuen tulee tarvetta pikaiselle nostolle johonkin asiakassiilon tai suoraan tehtaille ja tästä ei ole ehditty ilmoittamaan urakoitsijalle riittävän aikaisin, jotta olisi voinut varata riittävästi autoja siilojen tyhjennykseen. Tällöin kivet seisovat siilossa ja siilo on varattu.

Myös epävarmojen nostojen seisottaminen siiloissa odottamassa analyysiä aiheuttaa ongelmia. Tämän takia kiven laaduntarkkailuun koko prosessin ajalta olisi parannettava, jolloin seisottamiselta voitaisiin välttyä.

Yhdellä lämmitetyllä peltisiilolla voitaisiin myös helpottaa jakeluun liittyviä ongelmia, mitä ilmenee talvella siilojen holvaantuessa.

Uusilla hihnayhteyksillä suoraan kaivoksesta tehtaille esimerkiksi kalkkitehtaalle saataisiin poistettua turha kivien hidas liikuttaminen kuorma-autoilla tehdasalueen sisällä ja saataisiin tällä hetkellä kalkkikivelle varattu siilo muiden kivilaatujen käyttöön.

7.10 Ihmiset

Työntekijöitä pitäisi kouluttaa varamiehiksi mahdollisimman monipuolisesti eritehtäviin ja tasaisesti jokaisesta vuorosta. Näin säästytäisiin siltä, että joudutaan pyytämään varamiehiä muista vuoroista. Josta seuraa se, että varamies joutuu tekemään tuplavuoron (16 tuntia) ja se kasvattaa taas onnettomuusriskiä 12 tunnin jälkeen 50 %.

7.11 Kunnossapito

Suurimpana ongelmana kaivoksessa on kunnollisen ennakkokunnossapidon puute. Monet remonteista, jotka aiheuttavat koko linjan seisahtumisen voitaisiin välttää ennakkoon tehdyillä huoltotoimenpiteillä. Toisin sanoen vioista ilmoitettaisiin heti kun ne ilmenevät eikä odoteta, että laitteet hajoavat siihen kuntoon, että niillä ei voi enää ajaa kiviä.

8 NYKYISILLÄ LAITTEILLA PARASTEHO IRTI

Kaivos siirtyy tulevaisuudessa maanalaiseen tunnelilouhintaan avolouhinnan ohella. Tässä vaiheessa suurien investointien tekeminen ei ole järkevää.

8.1 Sisä-siilojen järjestyksen muuttaminen

Lajittelulaitoksella sijaitsevien siilojen uudelleen järjestelyllä voitaisiin saada joustovaraa ajoihin, joissa siilojen täytyminen ei tuo ongelmia. Yhtenä ongelmana on nykyään se, että 5- ja 6-siilot ovat kooltaan aika pieniä ja niihin menevien mustan- ja haittakiven tyhjentäminen on siilosta hidasta.

8.2 Välivarasto

Mahdollisella kaivokseen tehtävällä välivarastolla voitaisiin parantaa kiven liikkuvuutta kaivoksessa ongelmatilanteissa. Se mahdollistaisi esimerkiksi porauksen tiellä olevien kivien siirron välivarastoalueelle, josta ne voitaisiin ajaa pois myöhemmin.

9 YHTEENVETO

Työ oli haasteellinen ja mielenkiintoinen. Lopputuloksena saatiin selville, että monessa asiassa kunnollinen ennakko suunnittelu ja kommunikointi ihmisten välillä olisi paras tapa lisätä tuotannon tehokkuutta ilman suurempia investointeja.

Työtä tehdessä ja itse vuorotyönjohtajana toimiessani tulin siihen tulokseen, että neljässä vuorossa työskennellessä saatiin varastokasat kasvamaan ja ihmisten sairaslomat vähenemään ja moni työntekijä oli motivoituneempi työntekoon, kun 3 viikon välein oli yksi vapaa viikko.

Se kumpi on sitten taloudellisesti parempi vaihtoehto, ei selviä kun kokeilemalla molempia vuorovaihtoehtoja pidemmällä ajan jaksolla ja vertaamalla niillä saatuja tuotannollisia tuloksia ja kustannuksia.

Työtä tehdessä selvisi myös, että kaivoksessa ollaan siirtymässä lähitulevaisuudessa konenäöllä toteutettavaan lajitteluun, joka syrjäyttää käsinpoiminnan. Tämä taas tuo tullessaan uusia mahdollisuuksia kivimääriin ja muuhun tuotantoon.

KUVAT

Kuva 1. Nordkalk Oyj Abp Lappeenrannan kaivos

Kuva 2. Prosessi

Kuva 3. Kiviaineksen koko esimurskauksen jälkeen

Kuva 4. Laatuvyöhyke leikkaus 100 (Salmela 2008)

Kuva 5. Laatuvyöhykekartta taso +120 (Salmela 2008.)

TAULUKOT

Taulukko 1. Optisen lajittelun jakauma

Taulukko 2. Siilojen koot

Taulukko 3. 3-vuorokiero

Taulukko 4. lastaustilasto 5 – 8 / 2007

Taulukko 5. 4-vuorokierto

Taulukko 6. lastaustilasto 5 – 8 / 2008

Taulukko 7. Käyntiaste 2008

LÄHTEET

Kaivos: Microsoft PowerPoint-esitelmä, Nordkalk Oyj Abp 2008

Luukkonen Mikko (Lajittelulaitoksenhoitaja), Nordkalk Oyj Abp, Asiantuntia
keskustelu 12.11.2008, Lappeenranta

Nordkalk Oyj Abp 2008. <http://www.nordkalk.fi/default.asp?viewID=989> (luet-
tu 16.6.2008).

Permi M. 1998. Töiden organisointi Pyhäsalmen kaivoksella, Etelä-Karjalan
ammattiopisto, Tekniikan koulutusohjelma, Päättötyö

Salmela Ulla. 2008 Ihalaisen muodostuman raaka-aine ja laadut, Email
tero.nurmi@pp.inet.fi 14.6.2008. Tulostettu 16.6.2008